

24.11.2004

JP04/17824

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年11月27日

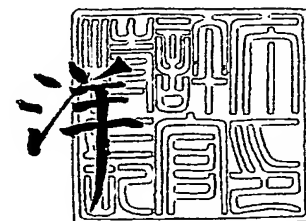
出願番号
Application Number: 特願2003-396827
[ST. 10/C]: [JP2003-396827]

出願人
Applicant(s): JFEスチール株式会社

2005年 1月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003S00908
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B22D 11/16 104
G01B 17/02

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区南渡田町 1 番 1 号 J F E 技研株式会社内
【氏名】 飯塚 幸理

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社
内
【氏名】 久保田 淳

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社
内
【氏名】 堤 康一

【特許出願人】
【識別番号】 000001258
【氏名又は名称】 J F E スチール株式会社

【代理人】
【識別番号】 100116230
【弁理士】
【氏名又は名称】 中濱 泰光

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 002347
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0304196

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

連続铸造铸片に対して横波超音波を送信し且つ送信した横波超音波を受信する横波超音波センサーと、連続铸造铸片に対して縦波超音波を送信し且つ送信した縦波超音波を受信する縦波超音波センサーと、を連続铸造機の同一位置又は铸造方向に離れた 2 箇所の铸片幅方向の同一位置に配置し、横波超音波センサーの受信信号の強度の変化に基づき、铸片の凝固完了位置が横波超音波センサーの配置した位置と一致したことを検知し、その時点における縦波超音波の伝播時間から算出した凝固完了位置が横波超音波センサーの配置された位置と合致するように、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式を校正し、校正後は、校正した計算式を用いて縦波超音波の伝播時間に基づき凝固完了位置を求めることを特徴とする、連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法。

【請求項 2】

更に、前記横波超音波センサーの铸造方向下流側の铸片幅方向の同一位置に第 2 の横波超音波センサーを配置し、第 2 の横波超音波センサーの受信信号の強度の変化に基づき、铸片の凝固完了位置が第 2 の横波超音波センサーの配置した位置と一致したことを検知し、その時点における縦波超音波の伝播時間から算出した凝固完了位置が第 2 の横波超音波センサーの配置された位置と合致するように、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式を更に校正することを特徴とする、請求項 1 に記載の連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法。

【請求項 3】

前記縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式は、凝固完了位置が縦波超音波センサーの配置された位置よりも铸造方向上流側の場合と下流側の場合とで、異なる計算式であることを特徴とする、請求項 1 又は請求項 2 に記載の連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法。

【請求項 4】

連続铸造铸片に対して横波超音波を送信する横波送信器と送信した横波超音波を受信する横波受信器とからなる横波超音波センサーと、該横波超音波センサーの配置位置と連続铸造機の同一位置又は铸造方向に離れた铸片幅方向の同一位置に設置された、連続铸造铸片に対して縦波超音波を送信する縦波送信器と送信した縦波超音波を受信する縦波受信器とからなる縦波超音波センサーと、該縦波超音波センサーで受信した受信信号に基づき計算式を用いて铸片の凝固完了位置を求める凝固完了位置演算部と、を備えた連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置であって、前記横波超音波センサーの受信信号の強度の変化によって横波超音波センサーの配置位置と铸片の凝固完了位置とが一致したことが確認された時点において、前記計算式により算出される凝固完了位置が横波超音波センサーの配置位置と合致するように前記計算式は校正されることを特徴とする、連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置。

【請求項 5】

更に、前記横波超音波センサーの铸造方向下流側の铸片幅方向の同一位置に第 2 の横波超音波センサーが配置され、第 2 の横波超音波センサーの受信信号の強度の変化によって第 2 の横波超音波センサーの配置位置と铸片の凝固完了位置とが一致したことが確認された時点において、前記計算式により算出される凝固完了位置が第 2 の横波超音波センサーの配置位置と合致するように前記計算式は更に校正されることを特徴とする、請求項 4 に記載の連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置。

【請求項 6】

前記横波送信器及び縦波送信器は铸片を挟んで一方側に配置され、前記横波受信器及び縦波受信器は铸片を挟んでその反対側に配置されており、横波送信器と縦波送信器、及び、横波受信器と縦波受信器とは、铸片の幅方向に 3 つ以上の磁極を有し、内側の磁極の周囲を巻くように配置した縦波用コイルと、磁極面に重なるように配置した横波用コイルと、を有する一体構造の電磁超音波センサーで構成されていることを特徴とする、請求項 4 又は請求項 5 に記載の連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法及び検知装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続铸造機で铸造されている連続铸造铸片の凝固完了位置をオンラインで検知する方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

鋼の連続铸造においては、連続铸造铸片の凝固完了位置（「クレータエンド位置」とも云う）が铸片のどの位置にあるかを判定することが、極めて重要である。凝固完了位置を検知することが、铸片の生産性や品質の向上に大きく貢献するためである。

【0003】

例えば、生産性を向上させるために铸造速度を上昇させると、凝固完了位置は铸片の铸造方向下流側に移動する。凝固完了位置が铸片支持ロールの範囲を超えてしまうと、铸片が静鉄圧の作用によって膨らみ（以下、「バルジング」と記す）、内質の悪化や巨大バルジングの場合には铸造停止と云った問題が発生する。従って、凝固完了位置が明確に分からない場合には、铸造速度をむやみに増速することはできない。

【0004】

又、铸片の中心偏析を低減して高品質化を図るための軽圧下操業では、凝固完了位置を軽圧下帯に位置させるように铸造速度や二次冷却水強度を制御する必要がある。更に、スラブ铸片においては、その断面が扁平形状であるため、凝固完了位置は铸片の幅方向で均一ではなく、且つ、時間によってその形状が変動することが知られている。この幅方向で異なる凝固完了位置の形状も、铸片の品質や生産性を決める大きな要因となっている。

【0005】

これらの要求に応えるには、铸片の凝固状態を把握する必要がある、従って、铸片の凝固状態を判定するための種々の方法が提案されている。

【0006】

現在、一般的に実用されている方法は、铸片の凝固過程における伝熱計算を行い、铸片の中心部の温度が固相線となる位置を凝固完了位置として推定する方法である（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

又、オンラインで凝固完了位置を直接計測する方法も試みられており、例えば特許文献2には、電磁超音波の送信器及び受信器によって縦波の超音波を铸片に伝播させ、铸片を透過する縦波の伝播時間、铸片の厚み、及び、予め計測して求めた固相域及び液相域での縦波の伝播速度に基づき、下記の（1）式を用いて固相及び液相の厚みを求める方法が開示されている。但し、（1）式において、 d は固相厚み、 t は伝播時間、 D は铸片厚み、 V_l は液相中における縦波の平均伝播速度、 V_s は固相中における縦波の平均伝播速度である。

【0008】

【数1】

$$d = \frac{\left(t - \frac{D}{V_l}\right)}{2 \times \left(\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_l}\right)} \quad \dots(1)$$

【0009】

特許文献3には、このようにして求めた固相厚み（＝凝固シェル厚み）と、铸造長手方

向の距離と固相厚みの変化量との相関関係と、に基づいて凝固完了位置を推定する方法が開示されており、又、特許文献4には、固相における縦波の伝播速度が温度依存性を持つことを考慮し、固相の温度分布から伝播速度の平均値を求め、この平均値を使用することによって固相厚みを精度良く求める方法が開示されている。

【0010】

更に、電磁超音波の送信器及び受信器によって超音波の横波を鋳片に伝播させ、横波が液相を伝播しない性質を利用して、電磁超音波の送信器及び受信器の設置位置に凝固完了位置が到達したのか、或いは到達していないのかを判定する方法も提案されている（例えば、特許文献5参照）。

【特許文献1】特開平5-123842号公報

【特許文献2】特開昭55-158506号公報

【特許文献3】特開昭57-32863号公報

【特許文献4】特開平2-55909号公報

【特許文献5】特開昭63-313643号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、これらの方法では次のような問題が残されている。

【0012】

伝熱計算を行う方法では、計算に用いる物性値は鋼種によって異なるが、全ての鋼種の物性値が全ての温度範囲で知られている訳ではない。そのため、物性値の合わせ込みが必要になる。このために、例えば、鋳造中の鋳片に金属製の鋏を打ち込み、冷却後に鋏の打ち込み部分を切断・研磨し、鋏がどの程度溶融したかを測定することによって固相厚みを把握し、この結果と照らし合わせて伝熱計算の合わせ込みを実施する必要がある。この作業は、非常に手間やコストを費やし、全ての鋼種で鋏の打ち込みを行うことは現実的には不可能である。そのため、伝熱計算を行う方法では、適用範囲に制約があり、高い精度が得られないと云った問題がある。

【0013】

超音波の縦波を用いる方法では、固相及び液相における縦波の伝播速度を用いて固相厚みを算出しているが、この伝播速度が鋼種によって異なっている。この伝播速度も全ての鋼種で知られている訳ではないため、伝播時間から得られた測定値を校正するために、鋳片への鋏打ち込みなどが必要になる。従って、全ての鋼種について校正を行うことは、伝熱計算による方法と同様に、現実的には不可能である。又、固相厚みを計算する際には鋳片厚みを把握する必要があるが、未凝固層を有する鋳片はパルジングするため、鋳造中の鋳片の厚みを精度良く安定して測定することも難しく、測定精度を低下させる一因となっている。

【0014】

超音波の横波を用いる方法では、通常、横波が液相を透過しないことを利用して凝固完了位置が電磁超音波の送信器及び受信器を設置した位置に到達しているか否かを判定するだけであるので、一対の送信器及び受信器を設置しただけでは凝固完了位置を知ることができず、凝固完了位置を知るためには鋳造方向に多数の送信器及び受信器を設置しなければならない。又、前述した特許文献5には、鋳片を透過する横波の伝播時間を用いることにより、送信器及び受信器を設置した位置よりも上流側の凝固完了位置を推定することが可能であることが示されているが、凝固完了位置が送信器及び受信器を設置した位置よりも下流側である場合には、横波を用いた方法では透過信号が得られなくなるため、凝固完了位置を検知することは不可能となる。

【0015】

本発明は上記の問題点を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、鋳片への鋏の打ち込みによる校正を必要とせず、センサーによる計測値のみから凝固完了位置を精度良く検知することの可能な、連続鋳造鋳片の凝固完了位置検知方法及び検知

装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明者等は、上記課題を解決すべく鋭意検討・研究を行った。以下に検討・研究結果を説明する。

【0017】

内部がまだ未凝固の状態の小型鋼塊を用い、それを冷却しながら鋼塊に横波超音波を透過させると同時に鋼塊軸心部を熱電対で測温する試験を行った結果、横波超音波が鋼塊を透過しなくなる時点は、鋼種に依存することなく、鋼塊中心部の固相率が1となる時点即ち凝固が完了する時点（軸心温度＝固相線）であることが分かった。この性質に基づくことで、横波超音波センサーによる透過信号が検出状態から消失した時点、或いは、消失状態から出現した時点は、鋼種や鑄造条件に拘わらず、凝固完了位置と横波超音波センサーの配置位置とが一致すると云う絶対値計測ができることになる。

【0018】

一方、連続鑄造鑄片における縦波超音波の伝播時間から固相厚みを推定する方法に関し、伝播時間のシミュレーションを重ねた結果、前述した（1）式においては、縦波超音波の伝播速度の鋼種による依存性や鑄片厚みの影響が大きく、これらの校正を行わないと精度良く測定することはできないことが分かった。但し、凝固完了位置が縦波超音波センサーよりも鑄造方向の下流側に存在して、超音波の伝播経路に液相が含まれる場合には、液相における伝播速度が固相における伝播速度に比べて遅いため、伝播時間は固相厚みに応じて感度良く変化し、固相厚み及びこの固相厚みから導かれる凝固完了位置の相対的な測定精度は極めて高いことが分かった。

【0019】

従って、凝固完了位置を横波超音波センサーの配置位置とした条件下において、（1）式などの凝固完了位置を算出する計算式を校正することにより、相対的な測定精度に優れている、縦波超音波を用いた凝固完了位置の推定方法を、絶対的な精度にも優れた検知手段として使用可能であるとの知見が得られた。又、この方法によれば、横波超音波のみを用いた際には凝固完了位置が横波超音波センサーよりも鑄造方向の下流側となる鑄造条件下では凝固完了位置を測定できなくなると云う問題も解消されることが分かった。

【0020】

この場合、第1の校正点となる横波超音波センサーの鑄造方向の下流側に第2の横波超音波センサーを配置し、第2の横波超音波センサーの位置を凝固完了位置とした鑄造条件下においても、（1）式などの凝固完了位置を算出する計算式を校正することにより、凝固完了位置の測定精度が大幅に向上することが分かった。

【0021】

又、凝固完了位置が縦波超音波センサーよりも鑄造方向の下流側に在って、縦波超音波の伝播経路に液相が含まれている場合には、液相における伝播速度が固相における伝播速度よりもはるかに遅く、伝播時間は固相厚みに応じて感度良く変化するが、凝固完了位置が縦波超音波センサーよりも鑄造方向の上流側に在って、縦波超音波の伝播経路に液相が含まれない場合には、鑄造条件が変化しても、伝播時間はそれに応じて感度良くは変化しない。そのため、凝固完了位置の測定精度を向上させるには、凝固完了位置が縦波超音波センサーの配置された位置よりも上流側の場合と下流側の場合とで、凝固完了位置を算出する計算式として異なる計算式を用いることが好ましいことが判明した。

【0022】

更に、鑄片を支持しているロールとロールとの狭い間隙に横波超音波センサー及び縦波超音波センサーを配置するためには、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを一体化することが望ましい。従って、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを一体化すべく検討した結果、鑄片の幅方向に3つ以上の磁極を有し、内側の磁極の周囲を巻くように配置した縦波用コイルと、磁極面に重なるように配置した横波用コイルとを有する一体構造のセンサーを構成することにより、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを一体化する

ことが可能であることが分かった。

【0023】

本発明は、上記検討結果に基づいてなされたものであり、第1の発明に係る連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法は、連続铸造铸片に対して横波超音波を送信し且つ送信した横波超音波を受信する横波超音波センサーと、連続铸造铸片に対して縦波超音波を送信し且つ送信した縦波超音波を受信する縦波超音波センサーと、を連続铸造機の同一位置又は铸造方向に離れた2箇所の铸片幅方向の同一位置に配置し、横波超音波センサーの受信信号の強度の変化に基づき、铸片の凝固完了位置が横波超音波センサーの配置した位置と一致したことを検知し、その時点における縦波超音波の伝播時間から算出した凝固完了位置が横波超音波センサーの配置された位置と合致するように、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式を校正し、校正後は、校正した計算式を用いて縦波超音波の伝播時間に基づき凝固完了位置を求めることを特徴とするものである。

【0024】

第2の発明に係る連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法は、第1の発明において、更に、前記横波超音波センサーの铸造方向下流側の铸片幅方向の同一位置に第2の横波超音波センサーを配置し、第2の横波超音波センサーの受信信号の強度の変化に基づき、铸片の凝固完了位置が第2の横波超音波センサーの配置した位置と一致したことを検知し、その時点における縦波超音波の伝播時間から算出した凝固完了位置が第2の横波超音波センサーの配置された位置と合致するように、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式を更に校正することを特徴とするものである。

【0025】

第3の発明に係る連続铸造铸片の凝固完了位置検知方法は、第1又は第2の発明において、前記縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式は、凝固完了位置が縦波超音波センサーの配置された位置よりも铸造方向上流側の場合と下流側の場合とで、異なる計算式であることを特徴とするものである。

【0026】

第4の発明に係る連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置は、連続铸造铸片に対して横波超音波を送信する横波送信器と送信した横波超音波を受信する横波受信器とからなる横波超音波センサーと、該横波超音波センサーの配置位置と連続铸造機の同一位置又は铸造方向に離れた铸片幅方向の同一位置に設置された、連続铸造铸片に対して縦波超音波を送信する縦波送信器と送信した縦波超音波を受信する縦波受信器とからなる縦波超音波センサーと、該縦波超音波センサーで受信した受信信号に基づき計算式を用いて铸片の凝固完了位置を求める凝固完了位置演算部と、を備えた連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置であって、前記横波超音波センサーの受信信号の強度の変化によって横波超音波センサーの配置位置と铸片の凝固完了位置とが一致したことが確認された時点において、前記計算式により算出される凝固完了位置が横波超音波センサーの配置位置と合致するように前記計算式は校正されることを特徴とするものである。

【0027】

第5の発明に係る連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置は、第4の発明において、更に、前記横波超音波センサーの铸造方向下流側の铸片幅方向の同一位置に第2の横波超音波センサーが配置され、第2の横波超音波センサーの受信信号の強度の変化によって第2の横波超音波センサーの配置位置と铸片の凝固完了位置とが一致したことが確認された時点において、前記計算式により算出される凝固完了位置が第2の横波超音波センサーの配置位置と合致するように前記計算式は更に校正されることを特徴とするものである。

【0028】

第6の発明に係る連続铸造铸片の凝固完了位置検知装置は、第4又は第5の発明において、前記横波送信器及び縦波送信器は铸片を挟んで一方側に配置され、前記横波受信器及び縦波受信器は铸片を挟んでその反対側に配置されており、横波送信器と縦波送信器、及び、横波受信器と縦波受信器とは、铸片の幅方向に3つ以上の磁極を有し、内側の磁極の周囲を巻くように配置した縦波用コイルと、磁極面に重なるように配置した横波用コイル

と、を有する一体構造の電磁超音波センサーで構成されていることを特徴とするものである。

【0029】

尚、本発明における鋳片幅方向の同一位置とは、凝固完了位置の鋳造方向の変化がほとんど無いと見なせる範囲内を意味するものとする。スラブ連続鋳造機では、凝固完了位置が鋳片の幅方向で異なる場合もあるので、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとで検出する凝固完了位置が同一であるか、或いは、凝固完了位置に鋳造方向の変化が生じたとしても変化の差がほとんど無いと見なせる幅方向の範囲内に横波超音波センサー及び縦波超音波センサーを配置する必要がある。具体的には、凝固完了位置の鋳片幅方向の形状を平坦と見なせる場合には、数100mm離れていてもよく、逆に、凝固完了位置の鋳片幅方向の形状が大きく変化している場合には、数10mm以内とする必要がある。これは、この目的に用いられる超音波の波長が数10mmであり、且つセンサーの大きさが数10mm程度であることから、回折の影響も考慮すると、数10mm以内であれば同一位置と見なすことができるからである。又、連続鋳造機の同一位置とは、鋳片幅方向が同一位置であるのみならず、鋳造方向にも同一位置であると言う意味である。鋳造方向に同一位置とは、センサーを配置する鋳片支持ロール間隙の位置が同一であると言う意味である。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、鋳片の凝固完了位置を横波超音波センサーによって検出した時点で、縦波超音波センサーで測定された縦波超音波の伝播時間から求められる凝固完了位置を校正するので、鋳片への鋳打ち込みなどの手間のかかる校正作業を施すことなく、横波超音波センサー及び縦波超音波センサーの測定値のみから鋳片の凝固完了位置を精度良く検知することが可能となる。これにより、全ての鋼種の様々な鋳造条件において凝固完了位置を鋳造中に精度良く把握することが可能となり、連続鋳造機の機長を最大に使う生産性を向上したり、軽圧下を適切に施して中心偏析の軽減された鋳片を製造することなどができ、工業上有益な効果がもたらされる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、添付図面を参照して本発明を具体的に説明する。先ず、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを連続鋳造機の同一位置に配置した第1の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態例を示す図であって、本発明に係る凝固完了位置検知装置を備えたスラブ連続鋳造機の概略図である。

【0032】

図1において、1は鋳片、2は固相部、3は液相部、4は凝固完了位置であり、連続鋳造機の鋳型101に注入された溶鋼は、鋳型101によって冷却されて鋳型101と接触する部位に凝固部2を形成し、周囲を凝固部2とし、内部を未凝固の液相部3とする鋳片1は、鋳型101の下方に対抗して配置された複数対の鋳片支持ロール102に支持されつつ鋳型101の下方に引き抜かれる。鋳造方向に隣合う鋳片支持ロール102の間隙には、鋳片1の表面に向けて冷却水を吹き付けるエアームストスプレーノズルや水スプレーノズルなどからなる二次冷却帯（図示せず）が設置されており、鋳片1は鋳造方向下流側に引き抜かれながら二次冷却帯で冷却され、中心部まで完全に凝固する。この中心部まで完全に凝固した位置が凝固完了位置4である。凝固が完了した鋳片1は、鋳片支持ロール102の下流側に設置された鋳片切断機104で所定の長さに切断され、鋳片1Aとして搬送用ロール103によって搬出される。

【0033】

このような構成のスラブ連続鋳造機において、本発明に係る凝固完了位置検知装置が配置されている。本発明に係る凝固完了位置検知装置は、鋳片1を挟んで対抗配置させた横波超音波送信器6及び横波超音波受信器8からなる横波超音波センサーと、鋳片1を挟んで対抗配置させた縦波超音波送信器7及び縦波超音波受信器9からなる縦波超音波センサーと、横波超音波送信器6及び縦波超音波送信器7へ電気信号を与えて鋳片1に超音波を

送出するための電気回路である超音波送信部 5 と、横波超音波受信器 8 及び縦波超音波受信器 9 にて受信した受信信号を処理する横波透過強度検出部 10 と、凝固完了位置到達検出部 11 と、縦波伝播時間検出部 12 と、凝固完了位置演算部 13 とを備えている。横波超音波送信器 6 及び縦波超音波送信器 7 にて送出された超音波は鋳片 1 を透過し、横波超音波受信器 8 及び縦波超音波受信器 9 でそれぞれ受信され、電気信号に変換される。

【0034】

横波透過強度検出部 10 は、横波超音波受信器 8 により受信された横波超音波信号の強度を検出する装置で、凝固完了位置到達検出部 11 は、横波透過強度検出部 10 にて検出された横波超音波の透過信号の変化から、凝固完了位置 4 が横波超音波送信器 6 及び横波超音波受信器 8 の配置位置よりも鋳造方向の上流側か、或いは下流側かを判定する装置である。又、縦波伝播時間検出部 12 は、縦波超音波受信器 9 にて受信した受信信号から鋳片 1 を透過する縦波超音波の伝播時間を検出する装置であり、凝固完了位置演算部 13 は、縦波伝播時間検出部 12 で検出された縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置 4 を演算して求める装置である。ここで、横波透過強度検出部 10、凝固完了位置到達検出部 11、縦波伝播時間検出部 12 及び凝固完了位置演算部 13 は、計算機にて演算される。尚、横波超音波受信器 8 及び縦波超音波受信器 9 とこの計算機との間には、超音波信号増幅器や波形を計算機に取り込むための A/D 変換器などが必要であるが、図中では省略している。又、図 1 に示す凝固完了位置検知装置においては、横波超音波送信器 6 と縦波超音波送信器 7 とが一体的に構成され、同様に、横波超音波受信器 8 と縦波超音波受信器 9 とが一体的に構成されている。

【0035】

横波超音波送信器 6 と縦波超音波送信器 7、並びに、横波超音波受信器 8 と縦波超音波受信器 9 とが一体的に構成される例を、図 2 を参照して説明する。図 2 は、縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するための電磁超音波センサーの構成と動作について説明する図である。

【0036】

図 2 において 31 は磁石である。これは永久磁石でも電磁石でもどちらでも構わないが、永久磁石の方が電磁超音波センサーを小型化することができることから好ましい。32 は、縦波用コイルであり、内側の磁極の周囲を巻くように配置したパンケーキコイルである。一方、33 は、横波用コイルであり、磁極面と重なるように配置したパンケーキコイルである。34 は、磁石 31 からの磁力線を示したものである。35 及び 36 は、それぞれ縦波用コイル 32 及び横波用コイル 33 から鋳片 1 に生ずる渦電流を示したものであり、渦電流 35 及び渦電流 36 は、超音波送信部 5 から縦波用コイル 32 及び横波用コイル 33 に高周波電流が流されることによって発生する。

【0037】

鋳片 1 に生じた渦電流 35 及び渦電流 36 は、磁力線 34 で示される磁石 31 からの静磁場との間にローレンツ力を発生させ、これによって縦波超音波 37 及び横波超音波 38 が発生する。超音波の受信については送信の逆作用であり、静磁場中の鋳片 1 が超音波によって振動することにより、鋳片 1 に渦電流が生じることを縦波用コイル 32 及び横波用コイル 33 で検知するものであり、送信と全く同じ構成を用いることができる。

【0038】

連続鋳造機の隣り合う鋳片支持ロール間の間隙で、同一位置に縦波と横波とを発生・検出するためには、狭いロール間の間隙（一般に 40～75 mm）に挿入可能な小型の電磁超音波センサーが必要である。電磁超音波センサーは良く知られているが、従来、この目的に見合った、縦波超音波と横波超音波とを同一箇所で発生・検出できる小型の電磁超音波センサーは提案されていない。本発明では、図 2 に示すように、鋳片 1 の幅方向に磁石 32 を並べる構成としたことで、磁極を 3 つ又は 3 つ以上設けることが可能となり、鋳片支持ロール 102 の狭い間隙に電磁超音波センサーを挿入することが可能となった上に、縦波超音波と横波超音波とを同一箇所で発生・検出することが可能となった。又、センサーの設置数が減ることにより、設置コストの削減のみならず保守点検のコストも削減する

ことができる。

【0039】

この電磁超音波センサーの具体的な形状としては、磁極の面積は $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \sim 30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 程度の範囲が望ましく、磁極の間隔は $5\text{ mm} \sim 30\text{ mm}$ 程度の範囲が適当であり、磁極間の水平磁場が 0.1 T 以上となる磁力を有することが適当である。磁石31として永久磁石を用いる場合には、希土類系磁石を用いることが望ましく、高さは $20\text{ mm} \sim 100\text{ mm}$ 程度あればよい。コイルの巻き数は10ターン \sim 100ターン程度の範囲が適当である。又、鑄造方向でコイルが磁極からはみ出る部分については、コイルを折り曲げることによって鑄造方向のセンサー幅を狭くすることができるが、磁極から直ちに折り曲げると、鑄造方向へ向かう水平磁場を有効に活用することができなくなり、感度が低下するため、磁極から 5 mm 程度はみ出してから折り曲げるとよい。はみ出す幅は、 3 mm 程度では感度低下を防止する効果が少なく、 10 mm 以上ではセンサーの鑄造方向の幅を狭くする上では余り意味がないため、従って、 $3\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$ 程度が適当である。

【0040】

このような電磁超音波センサーを用いる場合、電気回路に要求される仕様としては、送信信号の電圧はおよそ 1 kV 以上（電流では 20 A 以上）、受信アンプのゲインは $60\text{ dB} \sim 80\text{ dB}$ 以上あれば発生・検出が可能であり、送信信号の周波数は、横波用は $50\text{ kHz} \sim 150\text{ kHz}$ 、縦波用は $100\text{ kHz} \sim 400\text{ kHz}$ 程度の範囲が適当である。送信信号波形としては、正弦波を短時間発生させたトーンバースト波や、所定時間幅内で振幅や位相を変化させたチャープ波などの変調信号の何れでも構わない。

【0041】

尚、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを連続鑄造機の同一位置に配置する場合、必ずしも縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出させる電磁超音波センサーを使用する必要はなく、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとの配置間隔が、凝固完了位置4の鑄造方向の変化がほとんど無いと見なせる範囲内であるならば、具体的には数 10 mm 以内であるならば、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを別々に配置してもよい。

【0042】

以下、受信した信号の処理方法について説明する。先ず、横波透過強度検出部10の動作について図3を参照して説明する。

【0043】

図3は、横波透過強度検出部10の動作を示す図で、送信信号の1発分に対応した受信信号波形を示している。図3中の最初の波は、送信信号が電氣的に横波超音波受信器8に漏れ込んだものであり、2番目の波が横波超音波の透過信号である。ここで、横波超音波の透過信号が現れる時間位置は、鑄片1の厚み、鑄片1のおよその温度、及び横波超音波の伝播速度から、大まかに既知であるので、その位置の信号だけを取り出すゲートを設け、そのゲート内の信号の最大値を求めるようにする。この処理は、受信信号の波形をA/D変換で計算機内に取り込むことにより、計算処理で容易に実現することができる。信号の最大値の取り方としては、 0 V を基準にした絶対値でも、又、ピークトゥピーク値でも何れでもよい。尚、実際には、送信信号は数 $10\text{ Hz} \sim$ 数 100 Hz の周期で繰り返されるので、その一つ一つの波形を平均化してから横波超音波の透過強度を求めたり、一つ一つの波形の透過強度を平均化したりして、ノイズによる揺らぎの影響を少なくすることが有効である。

【0044】

次いで、凝固完了位置到達検出部11の動作について図4を参照して説明する。図4は、凝固完了位置到達検出部11の動作を示す図で、連続鑄造操業の数10分間にわたって鑄造条件を変化させながら、横波透過強度検出部10から送られてくる横波超音波の透過信号の強度を検出したチャート図である。

【0045】

図4に示すように、連続鋳造操業の鋳造条件の変化に応じて横波超音波の透過信号の強度は変化する。図4中のA及びBの範囲では透過信号の強度は非常に小さくなっており、凝固完了位置4が横波超音波送信器6及び横波超音波受信器8の配置位置よりも鋳造方向の下流側に存在する状態を表している。凝固完了位置到達検出部11では、透過信号の強度が所定の判定しきい値を横切った時点で、凝固完了位置4が横波超音波センサーの配置位置を通過したと判定する。この判定しきい値は、予め定めた固定値でも、或いは横波超音波の透過信号が現れない時間領域の信号レベルからノイズレベルを求め、その値を用いた変動しきい値でも、どちらでも構わない。凝固完了位置到達検出部11は、このようにして凝固完了位置4が横波超音波センサーの配置位置を通過したと判定すると、凝固完了位置演算部13へタイミング信号を送出する。

【0046】

次に、縦波伝播時間検出部12の動作について図5を参照して説明する。図5は、縦波伝播時間検出部12の動作を示す図で、送信信号の1発分に対応した受信信号の波形を示す図である。図5中の最初の波は、送信信号が電氣的に縦波超音波受信器9に漏れ込んだものであり、2番目の波が縦波超音波の透過信号である。ここで、縦波伝播時間検出部12は、送信信号の送出タイミングから縦波超音波の透過信号の出現タイミングまでの時間を検出する。縦波超音波の透過信号の検出方法としては、図5に示すように、しきい値以上になる時点としても、或いはゲート内の最大値となる時点としても、どちらでもよい。この処理は、横波透過強度検出部10と同様に、受信信号の波形をA/D変換で計算機内に取り込むことにより、計算処理で容易に実現することができる。又、実際には、送信信号は数10Hz～数100Hzの周期で繰り返されるので、その一つ一つの波形を平均化してから縦波超音波の伝播時間を求めたり、一つ一つの波形の伝播時間を平均化したりして、ノイズによる揺らぎの影響を少なくすることが有効である。

【0047】

最後に、凝固完了位置演算部13の動作について図6を参照して説明する。図6は、第1の実施の形態例における凝固完了位置演算部13の動作を示す図で、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置4を算出する近似式を図示したものである。凝固完了位置4が縦波超音波送信器7及び縦波超音波受信器9の配置位置よりも鋳造方向の下流側になるほど、液相部3の厚みが増大するため、伝播時間は長くなる。従って、伝播時間と、鋳型101内の溶鋼湯面14から凝固完了位置4までの距離とはおよそ比例関係になり、図6のような関係を示す。そこで、伝播時間から凝固完了位置4を求めるには、多項式の近似式、例えば下記の(2)式に示す一次式などを用いればよい。但し、(2)式において、CEは鋳型内の溶鋼湯面14から凝固完了位置4までの距離、 Δt は縦波超音波の伝播時間、 a_1 及び a_0 は多項式の係数である。

【0048】

【数2】

$$CE = a_1 \cdot \Delta t + a_0 \quad \cdots (2)$$

【0049】

図6中、Aで示す線は校正前の近似式を表している。ここで、凝固完了位置到達検出部11から凝固完了位置4の通過判定のタイミング信号が凝固完了位置演算部13に送出されると、凝固完了位置演算部13では、その時点における縦波超音波の伝播時間(Δt_1)を求め、更に、鋳型内の溶鋼湯面14から凝固完了位置4までの距離(CE)が、横波超音波センサーの配置位置と合致するように、下記の(3)式を用いて(2)式の係数(a_0)を修正する。但し、(3)式において、 CE_1 は鋳型内の溶鋼湯面14から横波超音波センサーの配置位置までの距離、 Δt_1 は凝固完了位置4が横波超音波センサーの配置位置を通過したと判定した時点の縦波超音波の伝播時間である。

【0050】

【数3】

$$a_0 = CE_1 - a_1 \cdot \Delta t_1 \quad \dots(3)$$

【0051】

これによって、凝固完了位置4を求める近似式は校正され、例えば図6中にBで示す校正後となる。校正後は、Bで示す校正後の近似式を用いて、縦波超音波の伝播時間に基づいて精度良く凝固完了位置4を製造中にオンラインで検知することが可能となる。

【0052】

校正する時点は、新たな鋼種を製造する毎の1回だけでも、又、連続製造の操作中に横波超音波センサーの配置位置を凝固完了位置4が横切る毎に、或いは、操作員の判断による適当な時期の何れでもよい。

【0053】

尚、縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するための電磁超音波センサーとして、前述した図2に示す電磁超音波センサーは磁極が3つであったが、磁極を4以上とすることもできる。図7は、縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するための電磁超音波センサーの磁極を4つとした例の構成を示す図である。図7では、実際には重なって配置される縦波用コイル32と横波用コイル33とを、磁極に対する配置が分かりやすくなるように、別々に描いており、図面の向かって左側が縦波用コイル32の配置図で、右側が横波用コイル33の配置図である。図2に示す電磁超音波センサーと同様に、縦波用コイル32は内側の磁極の周囲を巻くように配置され、横波用コイル33は磁極面と重なるように配置されている。磁極の数は4に限るものではなく、更に多くても実施可能である。このようにすると、縦波用コイル32に対する水平磁場の強度が高くなるため、縦波超音波の感度が高くなる上に、横波超音波と縦波超音波の発生・検出位置がほぼ等しくなると云う効果がある。

【0054】

ところで、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの配置位置よりも上流側の場合には、縦波超音波は全て固相部2を透過する。又、横波超音波も、縦波超音波と同一位置で発生・検出するため全て固相部2を透過する。この場合の伝播時間は固相部2における超音波の伝播速度に依存することになる。超音波の伝播速度は固相部2の温度に依存することから、縦波超音波及び横波超音波の伝播時間は鑄片1の温度によって変化することになる。一方、凝固完了位置4から電磁超音波センサーの配置位置までの距離が異なると鑄片の温度は変化する。即ち、凝固完了位置4が電磁超音波センサーの配置位置から上流側に遠くなるほど鑄片の温度は低下する。鑄片の温度が低いほど超音波の伝播速度は増加するため、伝播時間は短くなる。

【0055】

従って、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの配置位置よりも上流側の場合においても、伝播時間と、溶鋼湯面14から凝固完了位置4までの距離との関係は、前述した図6に示すものと同様の傾向になる。しかしながら、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの下流側に存在して伝播経路に液相部3が含まれる場合に較べると、固相部2に比べて伝播速度の遅い液相部3の影響がないため、凝固完了位置4が鑄造方向で変動しても、この変動の伝播時間に及ぼす影響は小さく、検出される伝播時間の変動率は小さい。

【0056】

そのため、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの上流側に存在する場合と下流側に存在する場合とで、伝播時間から凝固完了位置4を求める際に使用する計算式を異なる式とすることが好ましい。

【0057】

具体的には、凝固完了位置4が縦波超音波センサーよりも上流側の場合には、伝播時間と凝固完了位置とを直接結び付けた実験式（図6に示すような式）を用いる方法、或いは、伝播時間から鑄片の内部温度又は軸心温度を推定し、その値から凝固完了位置を推定す

る方法の何れでもよい。一方、凝固完了位置4が縦波超音波センサーよりも下流側の場合には、伝播時間と凝固完了位置とを直接結び付けた実験式（図6に示すような式）を用いる方法、或いは、伝播時間から固相部2の厚み又は液相部3の厚みを推定し、その値から凝固完了位置を推定する方法の何れでもよい。図6に示すような実験式を用いる場合でも、凝固完了位置4が縦波超音波センサーよりも上流側の場合と下流側の場合とで、自ずと係数は異なってくる。

【0058】

これを実施するためには、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの配置位置よりも上流側であるか下流側であるかを判別する必要がある。従って、この場合には、凝固完了位置到達検出部11では次の判定も実施する。即ち、横波超音波の透過強度が判定しきい値よりも大きければ凝固完了位置4は上流側と判定し、逆に、判定しきい値以下であれば凝固完了位置4は下流側と判定し、その信号を凝固完了位置演算部13に送出する。凝固完了位置演算部13では、その結果に基づき凝固完了位置4を計算するための計算式を選択し、選択した計算式を用いて凝固完了位置4を算出する。

【0059】

尚、凝固完了位置4が横波超音波センサーの配置位置よりも上流側の場合に、横波超音波の伝播時間から凝固完了位置4を求めようとする場合には、縦波伝播時間検出部12と同様の機能を有する横波伝播時間検出部を、横波超音波センサーの出力側に設ける必要がある。

【0060】

次に、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとを連続鋳造機の鋳造方向に離れた2箇所、の鋳片幅方向の同一位置に配置した第2の実施の形態について説明する。図8は、本発明の第2の実施の形態例を示す図であって、本発明に係る凝固完了位置検知装置を備えたスラブ連続鋳造機の概略図である。

【0061】

第2の実施の形態では、図8に示すように、横波超音波送信器6及び横波超音波受信器8からなる横波超音波センサーと、縦波超音波送信器7及び縦波超音波受信器9からなる縦波超音波センサーとが鋳造方向の2箇所に別々に配置されている。この場合、横波超音波センサー及び縦波超音波センサーは、前述した図2に示すような縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するセンサーである必要はなく、通常、電磁超音波センサーを用いることができる。勿論、図2に示す電磁超音波センサーも用いることができる。

【0062】

但し、スラブ連続鋳造機では、凝固完了位置4が鋳片1の幅方向で異なる場合もあるので、横波超音波センサーと縦波超音波センサーとで検出する凝固完了位置4の鋳造方向の変化がほとんど無いと見なせる幅方向の範囲内に横波超音波センサー及び縦波超音波センサーを配置する必要がある。具体的には、前述したように、二次冷却が適切で凝固完了位置4の幅方向の形状を平坦と見なせる場合には、数100mm離れていてもよく、逆に、凝固完了位置4の幅方向の形状が大きく変化している場合には、数10mm以内とする必要がある。従って、何れにも対応するためには、数10mm以内とする必要がある。

【0063】

又、横波超音波センサーの配置位置と縦波超音波センサーの配置位置との間隔は狭いほど検出精度が良く、配置間隔が大きくなるほど精度が悪化するので、配置間隔はおよそ5m以内とすることが好ましい。又、縦波超音波センサーの検出する縦波超音波の伝播時間は、前述したように、液相部3が含まれていると敏感に変化するため、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの下流側に存在する状態の方が精度は良く、従って、縦波超音波センサーを横波超音波センサーの鋳造方向の上流側に配置することが好ましい。

【0064】

その他の構成は、図1に示す第1の実施の形態例と同一構成であり、同一の部分は同一符号により示し、その説明は省略する。

【0065】

横波透過強度検出部 10、凝固完了位置到達検出部 11、縦波伝播時間検出部 12 及び凝固完了位置演算部 13 の動作も第 1 の実施の形態例と同様であり、凝固完了位置到達検出部 11 から凝固完了位置 4 の通過判定のタイミング信号が凝固完了位置演算部 13 に送出されると、凝固完了位置演算部 13 ではその時点における縦波超音波の伝播時間 (Δt_1) を求め、更に、溶鋼湯面 14 から凝固完了位置 4 までの距離 (CE) が横波超音波センサーの配置位置となるように、前述した (3) 式によって係数 (a_0) を修正する。凝固完了位置 4 を求める多項式の校正後は校正後の近似式を用いることで、縦波超音波の伝播時間に基づいて精度良く凝固完了位置 4 を casting 中にオンラインで検知することが可能となる。

【0066】

校正の時期、並びに、凝固完了位置 4 が縦波超音波センサーの上流側であるか否かによって凝固完了位置 4 を算出するための計算式を変更することは、前述した第 1 の実施の形態での説明に沿って行うこととする。

【0067】

図 8 では、横波超音波センサーの配置位置を縦波超音波センサーの配置位置より下流側としているが、逆の上流側としてもよい。但し、この場合、縦波超音波センサーよりも上流側の凝固完了位置 4 を縦波超音波センサーによって検知する精度は余り高くないので、横波超音波センサーで凝固完了位置 4 の到達を検知した後、casting 速度を考慮し、凝固完了位置 4 が縦波超音波センサーの配置位置に到達したと予想される時点で、多項式を校正することが望ましい。このようにすることで、高い精度を得ることができる。

【0068】

次に、第 2 の横波超音波センサーを casting 方向の下流側に離れた鋳片幅方向の同一位置に配置した第 3 の実施の形態について説明する。図 9 は、本発明の第 3 の実施の形態例を示す図であって、本発明に係る凝固完了位置検知装置を備えたスラブ連続 casting 機の概略図である。

【0069】

第 3 の実施の形態では、図 9 に示すように、第 1 の実施の形態例における縦波超音波及び横波超音波を発生・検出可能な電磁超音波センサー（以下「第 1 の横波センサー」と称す）の配置位置の下流側に、横波超音波送信器 6A 及び横波超音波受信器 8A からなる第 2 の横波超音波センサーが設置されている。この場合、第 2 の横波超音波センサーは、前述した図 2 に示すような縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するセンサーである必要はなく、通常の電磁超音波センサーを用いることができる。勿論、図 2 に示す電磁超音波センサーも用いることができる。又、凝固完了位置 4 の鋳片幅方向での変化の影響を避けるために、第 2 の横波超音波センサーは、第 1 の横波センサーと鋳片幅方向の同一位置に設置されている。そして、横波超音波受信器 8A の受信信号は、横波透過強度検出部 10A に送出され、横波透過強度検出部 10A の信号は凝固完了位置到達検出部 11A に送出されている。横波透過強度検出部 10A 及び凝固完了位置到達検出部 11A は、それぞれ、前述した第 1 の実施の形態例における横波透過強度検出部 10 及び凝固完了位置到達検出部 11 と同一機能を有しており、第 2 の横波超音波センサーの配置位置を凝固完了位置 4 が通過することで、凝固完了位置到達検出部 11A は、凝固完了位置演算部 13 へタイミング信号を送出するようになっている。

【0070】

又、第 2 の横波超音波センサーの配置位置と第 1 の横波センサーの配置位置との間隔が余りに短いと校正精度を高めることができないので、校正精度を高める観点から、両者の配置間隔は 2m ~ 10m 程度の範囲が適当である。その他の構成は、図 1 に示す第 1 の実施の形態例と同一構成であり、同一の部分は同一符号により示し、その説明は省略する。

【0071】

横波透過強度検出部 10、凝固完了位置到達検出部 11 及び縦波伝播時間検出部 12 の動作は第 1 の実施の形態例と同様であるが、凝固完了位置演算部 13 の動作は異なるので、以下、凝固完了位置演算部 13 の動作について図 10 を参照して説明する。

【0072】

図10は、第3の実施の形態例における凝固完了位置演算部13の動作を示す図で、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置4を算出する近似式を図示したものである。ここでは、第1の実施の形態例と同様に(2)式を用いて縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置4を算出するものとする。図10中、Aで示す線は校正前の近似式を表している。

【0073】

ここで、凝固完了位置到達検出部11から、第1の横波センサー位置における凝固完了位置4の通過判定のタイミング信号が凝固完了位置演算部13に送出されると、凝固完了位置演算部13では、その時点における縦波超音波の伝播時間(Δt_1)を記憶する。次に、鑄造速度や二次冷却強度などを変更させて凝固完了位置4を鑄造方向の下流側に延ばして凝固完了位置4が第2の横波超音波センサーの配置位置を通過すると、凝固完了位置到達検出部11Aから凝固完了位置4の通過判定のタイミング信号が凝固完了位置演算部13に送出される。凝固完了位置演算部13では、その時点における縦波超音波の伝播時間(Δt_2)を求める。そして、下記に示す(4)式及び(5)式の連立方程式を解き、(2)式の定数(a_1)及び定数(a_0)を修正する。但し、(4)式及び(5)式において、 CE_1 は鑄型内の溶鋼湯面14から第1の横波センサーの配置位置までの距離、 Δt_1 は凝固完了位置4が第1の横波センサーの配置位置を通過したと判定した時点の縦波超音波の伝播時間、 CE_2 は鑄型内の溶鋼湯面14から第2の横波超音波センサーの配置位置までの距離、 Δt_2 は凝固完了位置4が第2の横波超音波センサーの配置位置を通過したと判定した時点の縦波超音波の伝播時間である。

【0074】

【数4】

$$CE_1 = a_1 \cdot \Delta t_1 + a_0 \quad \dots(4)$$

【0075】

【数5】

$$CE_2 = a_1 \cdot \Delta t_2 + a_0 \quad \dots(5)$$

【0076】

これによって、凝固完了位置4を求める近似式は校正され、例えば図10中にBで示す線となる。校正後は、Bで示す校正後の近似式を用いて、縦波超音波の伝播時間に基づいて精度良く凝固完了位置4を鑄造中にオンラインで検知することが可能となる。この場合には第1の実施の形態よりも更に高い精度で凝固完了位置4を検知することができる。

【0077】

校正の時期、並びに、凝固完了位置4が縦波超音波センサーの上流側であるか否かによって凝固完了位置4を算出するための計算式を変更することは、前述した第1の実施の形態での説明に沿って行うこととする。

【0078】

尚、本発明は上記に説明した範囲に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更することができる。例えば、上記説明では電磁超音波センサーを用いた場合について説明したが、縦波超音波の送信及び受信には、圧電振動子を水と接触させる方法や、レーザー超音波法を用いてもよい。又、レーザー超音波法で送信し、電磁超音波法で受信することも計測感度を高めることから有用である。

【0079】

又、縦波超音波の伝播時間から一次式を用いて凝固完了位置4を直接求める場合について説明したが、二次式或いは三次式などの多項式を用いてもよく、又、縦波超音波の伝播時間から固相部2の厚みを求め、求めた固相部2の厚みと鑄造速度とから凝固完了位置を求めてもよい。その場合には、横波超音波によって凝固完了位置の通過が判定された時点

において、前述した(1)式で求められる固相厚み(d)が鑄片厚み(D)の1/2となるように校正すればよい。

【0080】

更に、縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するための電磁超音波センサーについては、縦波用コイルと横波用コイルとを別々に配置せず、センサーの磁極の極性を交互に変えることによって縦波用のコイルと横波用のコイルとを同一のコイルで兼用することもできる。

【0081】

更に又、凝固完了位置到達検出部11における判定を操作員の判断に任せ、凝固完了位置の通過判定のタイミングを操作員が凝固完了位置演算部13に指示するようにしてもよい。更には、データの収集を行った後に、凝固完了位置の通過判定や校正、並びに、凝固完了位置の推定作業を机上で人手によって行ってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の第1の実施の形態例を示す図である。

【図2】縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するための電磁超音波センサーの構成と動作を示す図である。

【図3】横波透過強度検出部の動作を示す図である。

【図4】凝固完了位置到達検出部の動作を示す図である。

【図5】縦波伝播時間検出部の動作を示す図である。

【図6】第1の実施の形態例における凝固完了位置演算部の動作を示す図である。

【図7】縦波超音波と横波超音波とを同一位置で発生・検出するための電磁超音波センサーの磁極を4つとした構成を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態例を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態例を示す図である。

【図10】第3の実施の形態例における凝固完了位置演算部の動作を示す図である。

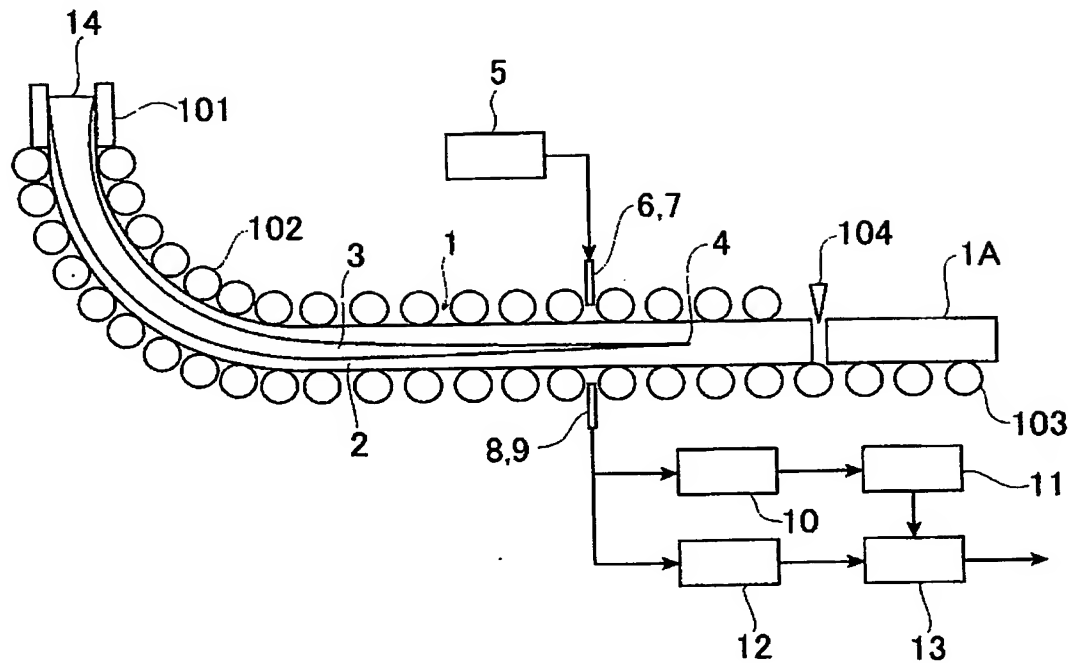
【符号の説明】

【0083】

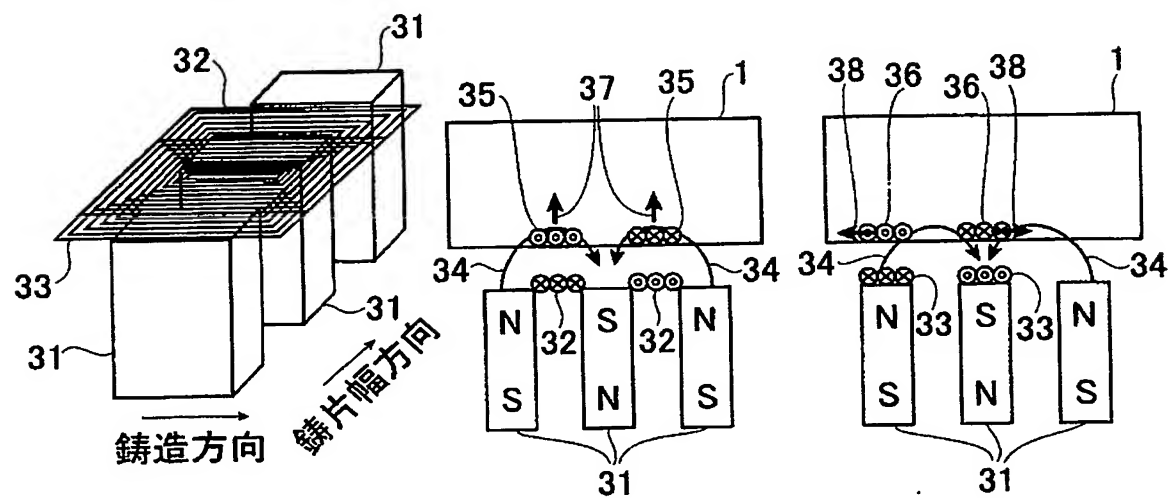
- 1 鑄片
- 2 固相部
- 3 液相部
- 4 凝固完了位置
- 5 超音波送信部
- 6 横波超音波送信器
- 7 縦波超音波送信器
- 8 横波超音波受信器
- 9 縦波超音波受信器
- 10 横波透過強度検出部
- 11 凝固完了位置到達検出部
- 12 縦波伝播時間検出部
- 13 凝固完了位置演算部
- 14 溶鋼湯面
- 31 磁石
- 32 縦波用コイル
- 33 横波用コイル
- 34 磁力線
- 35 渦電流
- 36 渦電流
- 37 縦波超音波
- 38 横波超音波

- 1 0 1 鋳型
- 1 0 2 鋳片支持ロール
- 1 0 3 搬送用ロール
- 1 0 4 鋳片切断機

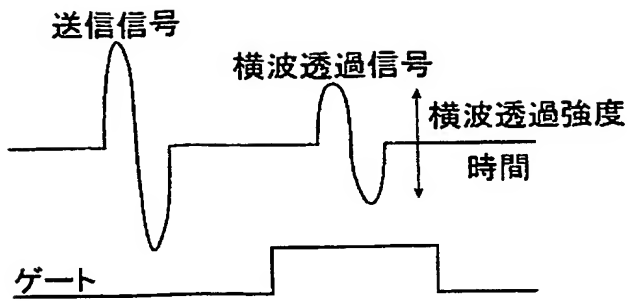
【書類名】 図面
【図 1】



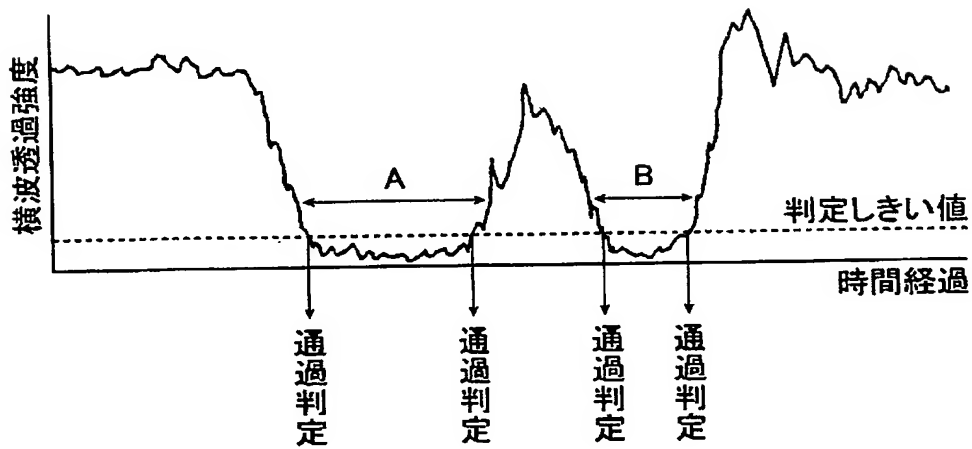
【図 2】



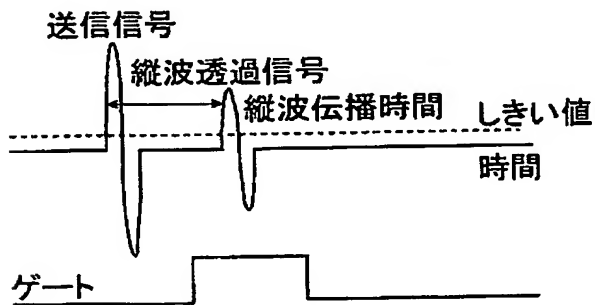
【図 3】



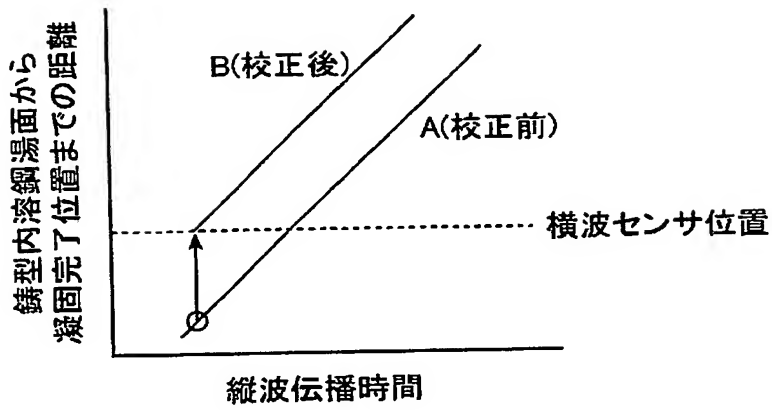
【図 4】



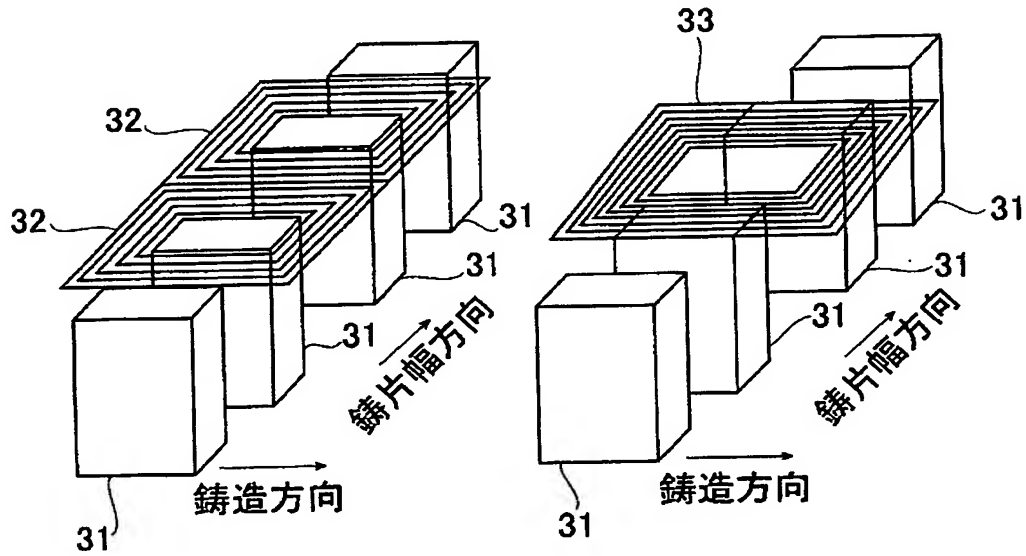
【図 5】



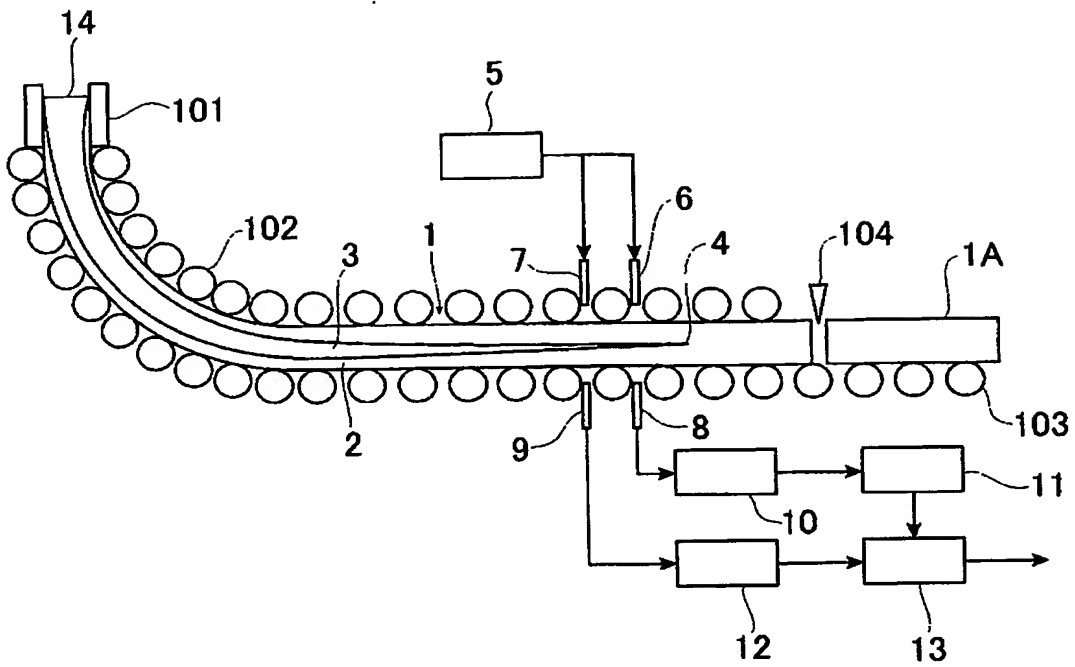
【図 6】



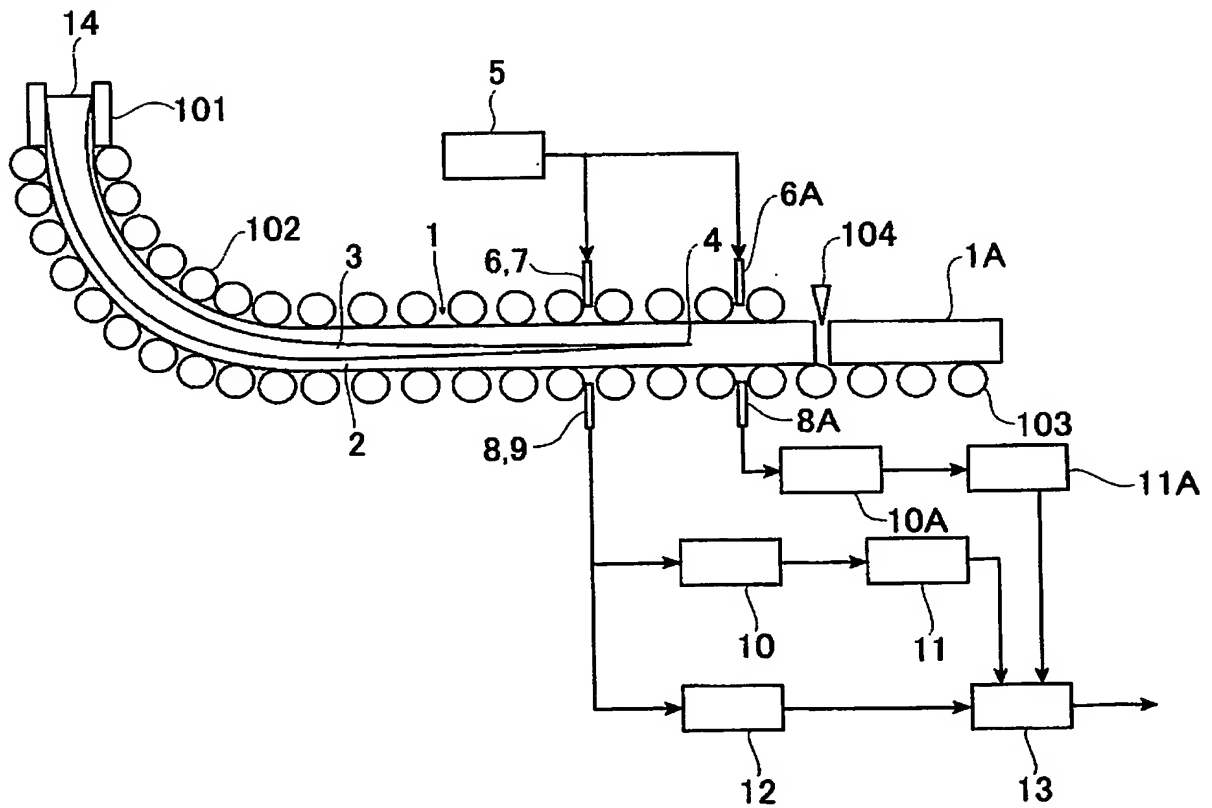
【図 7】



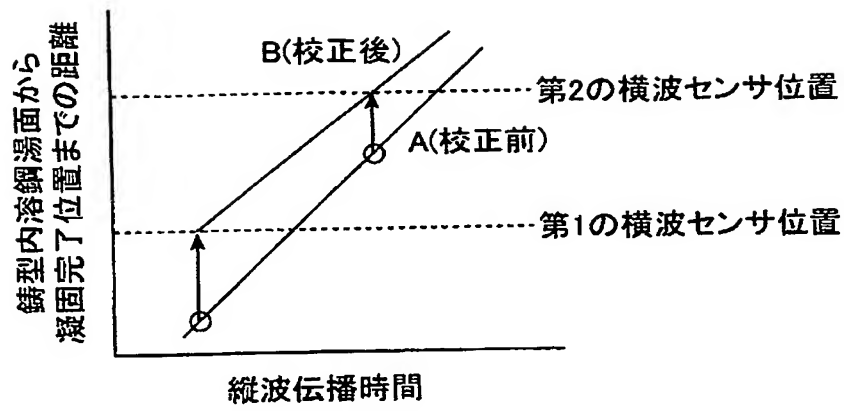
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 鋳片への鋳の打ち込みなどによる校正を必要とせず、センサーによる計測値のみから凝固完了位置を精度良く検知する。

【解決手段】 鋳片 1 に対して横波超音波を送信し且つ受信する横波超音波センサー 6, 8 と、鋳片に対して縦波超音波を送信し且つ受信する縦波超音波センサー 7, 9 と、を連続鋳造機の同一位置又は鋳造方向に離れた 2 箇所の鋳片幅方向の同一位置に配置し、横波超音波センサーの受信信号の強度の変化に基づき、鋳片の凝固完了位置 4 が横波超音波センサーの配置した位置と一致したことを検知し、その時点における縦波超音波の伝播時間から算出した凝固完了位置が横波超音波センサーの配置された位置と合致するように、縦波超音波の伝播時間から凝固完了位置を求める計算式を校正し、校正後は、縦波超音波の伝播時間に基づき校正した計算式を用いて凝固完了位置を求める。

【選択図】

図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-396827
受付番号	50301954361
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年11月28日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年11月27日
-------	-------------

特願 2 0 0 3 - 3 9 6 8 2 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 2 5 8]

1. 変更年月日 2 0 0 3 年 4 月 1 日

[変更理由] 名称変更

住所変更

住 所 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
氏 名 J F E スチール株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017824

International filing date: 24 November 2004 (24.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-396827
Filing date: 27 November 2003 (27.11.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 20 January 2005 (20.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse